

UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Jakob Brezigar

**Vzdrževanje likvidnosti  
kriptovalutnega trga v omrežju Ripple**

DIPLOMSKO DELO  
NA UNIVERZITETNEM ŠTUDIJU

MENTOR: prof. dr. Branko Šter

Ljubljana, 2016



To delo je ponujeno pod licenco *Creative Commons Priznanje avtorstva-Deljenje pod enakimi pogoji 2.5 Slovenija* (ali novejšo različico). To pomeni, da se tako besedilo, slike, grafi in druge sestavine dela kot tudi rezultati diplomskega dela lahko prosto distribuirajo, reproducirajo, uporabljajo, priobčujejo javnosti in predelujejo, pod pogojem, da se jasno in vidno navede avtorja in naslov tega dela in da se v primeru spremembe, preoblikovanja ali uporabe tega dela v svojem delu, lahko distribuira predelava le pod licenco, ki je enaka tej. Podrobnosti licence so dostopne na spletni strani [creativecommons.si](http://creativecommons.si) ali na Inštitutu za intelektualno lastnino, Streliška 1, 1000 Ljubljana.



*Besedilo je oblikovano z urejevalnikom besedil  $\text{\LaTeX}$ .*



Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Vzdrževanje likvidnosti kriptovalutnega trga v omrežju Ripple

Tematika naloge:

V diplomski nalogi opišite vlogo vzdrževalca likvidnosti trga in delovanje protokola Ripple. Implementirajte neprediktivni in prediktivni trgovalni model za vzdrževanje likvidnosti v omrežju Ripple. Komentirajte rezultate trgovanja in izmerite uspešnost obeh modelov za vzdrževanje likvidnosti.



*Zahvaljujem se prof. dr. Branku Šteru za pomoč pri izdelavi diplomske naloge. Zahvaljujem se tudi družini in prijateljem za podporo in spodbude.*





Očetu, ker je vztrajal, da je dokončanje študija pomembno, mami, ker mi je dala vedeti, da sem tega sposoben, ženi, ker me ljubi tudi, če ne bi dokončal, Žigu, Brini in Izabeli za dobre izgovore.



# Kazalo

Povzetek

Abstract

<b>1</b>	<b>Uvod</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Vzdrževalec likvidnosti</b>	<b>3</b>
2.1	Cilji vzdrževalca likvidnosti . . . . .	3
2.2	Učinki vzdrževalca likvidnosti . . . . .	4
2.3	Vrste naročil . . . . .	4
2.4	Knjiga naročil . . . . .	5
2.5	Vrh knjige naročil . . . . .	5
2.6	Globina knjige . . . . .	5
2.7	Razlika . . . . .	5
2.8	Likvidnost . . . . .	6
2.9	Devizni tečaj . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Protokol Ripple</b>	<b>7</b>
3.1	Skupna, javna glavna knjiga . . . . .	8
3.2	Problem dvojne porabe in Bitcoin . . . . .	8
3.3	Kako deluje protokol Ripple . . . . .	10
3.4	Glavne značilnosti protokola Ripple . . . . .	12
<b>4</b>	<b>Mikrostruktura trga</b>	<b>17</b>
4.1	Modeli vzdrževalcev likvidnosti . . . . .	17

4.2	Razdelitev udeležencev na trgu . . . . .	18
4.3	Stroški vzdrževalca likvidnosti . . . . .	18
<b>5</b>	<b>Izbrani modeli vzdrževalca likvidnosti</b>	<b>21</b>
5.1	Enostavni model . . . . .	21
5.2	Enostavni model s povprečjem . . . . .	22
5.3	Prediktivni Dasov model . . . . .	23
<b>6</b>	<b>Implementacija</b>	<b>31</b>
6.1	Shranjevanje podatkov . . . . .	31
6.2	Simulacija trgovanja vzdrževalca likvidnosti . . . . .	33
<b>7</b>	<b>Rezultati</b>	<b>35</b>
7.1	Merjenje uspešnosti modelov . . . . .	35
7.2	Rezultati neprediktivnih modelov . . . . .	36
7.3	Rezultati prediktivnega Dasovega modela . . . . .	39
7.4	Zaključek rezultatov . . . . .	46
<b>8</b>	<b>Zaključek</b>	<b>49</b>
8.1	Sklepne ugotovitve . . . . .	49
8.2	Izboljšave in smernice za nadaljnji razvoj . . . . .	50
	<b>Literatura</b>	<b>51</b>

# Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	slovensko
<b>API</b>	Application Programming Interface	programski vmesnik
<b>BTC</b>	cryptocurrency bitcoin	kriptovaluta bitcoin
<b>DoS</b>	Denial of Service	izpad sistema
<b>EUR</b>	Euro	Evro
<b>HTML5</b>	HyperText Markup Language 5	jezik za označevanje hiperbesedila
<b>HTTP</b>	HyperText Transfer Protocol	transportni protokol za hiperbesedilo
<b>JSON</b>	JavaScript Object Notation	objektna notacija JavaScript
<b>P2P</b>	Peer-to-peer	enak z enakim
<b>SMTP</b>	Simple Mail Transfer Protocol	protokol za prenos elektronske pošte
<b>USD</b>	United States dollar	ameriški dolar
<b>XRP</b>	cryptocurrency ripple	kriptovaluta ripple
<b>WebSocket</b>	WebSocket	spletna vtičnica



# Povzetek

**Naslov:** Vzdrževanje likvidnosti kriptovalutnega trga v omrežju Ripple

Vzdrževalec likvidnosti zagotavlja prodajalcem in kupcem finančnih instrumentov nasprotno stranko pri sklepanju transakcij. Izvajanju nakupnega in prodajnega naročila hkrati pravimo vzdrževanje likvidnosti. Diplomsko delo obsega teoretično in praktično osnovo za izdelavo algoritma za samodejno vzdrževanje likvidnosti na enem izmed perspektivnih kriptovalutnih trgov Ripple. V diplomskem delu povzamemo teoretične osnove vzdrževanja likvidnosti, delovanje kriptovalutnega protokola Ripple in proces formiranja cene na trgu (mikrostruktura trga). Opišemo primer prediktivnega in neprediktivnega trgovalnega modela za vzdrževanje likvidnosti. Glavni izzivi obsegajo določanje nakupnega in prodajnega tečaja, problem neugodne izbire tečajev in reševanje uravnoteženosti zalog. Pridobimo podatke za simulacijo in podamo rezultate trgovanja za izbrane modele. Ugotovimo, da je izbrani prediktivni Dasov model bolj uspešen od neprediktivnega modela zaradi zmožnosti predvidevanja prave vrednosti tečaja. Predlagamo možne izboljšave in smernice za nadaljnji razvoj.

**Ključne besede:** protokol Ripple, vzdrževalec likvidnosti, kriptovaluta, bitcoin, valutno trgovanje.





# Abstract

**Title:** Cryptocurrency market making on the Ripple network

Market maker provides counterparty for buyers and sellers of financial instruments in transaction settlement. Market makers quote the bid price and the ask price at the same time. This price setting process is called market making. This thesis covers theoretical and practical basis for implementation of autonomous market making algorithm for a promising cryptocurrency market called Ripple. We summarize market making theory, how Ripple cryptocurrency protocol works and how price formation process (market microstructure) takes place. We choose and describe predictive and non-predictive market making models. Main challenges are the setting of bid and ask price, adverse selection problem, maintenance of currency inventory balance. We collect data needed for the simulation and we provide trading results for the selected models. We conclude that predictive market making model of Das is more successful than non-predictive model due to the ability to predict the true market value. We suggest possible improvements and guidance for further development.

**Keywords:** Ripple protocol, market maker, liquidity provider, cryptocurrency, bitcoin, forex trading.



# Poglavje 1

## Uvod

Na sodobnih finančnih trgih je vzdrževalec likvidnosti podjetje ali posameznik, ki je pripravljen ponujati omejena nakupna in prodajna naročila za določen finančni instrument. Tako ostalim udeležencem na trgu omogoča, da vedno obstaja nasprotna stranka za sklepanje transakcij. Vzdrževalci likvidnosti tako znižujejo tečajna nihanja, povečujejo likvidnost na finančnih trgih in omogočajo bolj pošteno ceno. S tem pomembno prispevajo k dobrobiti družbe.

S kupovanjem po nižjem tečaju in prodajanjem po višjem tečaju je vzdrževalec likvidnosti za svoje storitve nagrajen z dobičkom. Vzdrževalec likvidnosti oddaja svoja naročila v parih:

- Omejeno nakupno naročilo (nakup za vzdrževalca likvidnosti, prodaja za nasprotno stran);
- Omejeno prodajno naročilo (prodaja za vzdrževalca likvidnosti, nakup za nasprotno stran).

Kadar je prodajni tečaj višji od nakupnega nastane razlika, ki ostane vzdrževalcu likvidnosti kot dobiček.

Za uspešno delovanje samodejnega vzdrževalca likvidnosti si moramo odgovoriti na sledeča vprašanja:

- Po kakšnem tečaju postaviti omejena prodajna in nakupna naročila?

- Kako spremljati in reagirati na spremembe v knjigi naročil?
- Kako spremljati in reagirati na spremembe izvedenih transakcij?
- Kako zagotoviti uravnoteženost valutnih zalog?

Na začetku diplomskega dela opišemo vlogo in cilje vzdrževalca likvidnosti ter pojasnimo osnovne pojme, ki so potrebni za razumevanje delovanja vzdrževalca likvidnosti. Nato opišemo delovanje in glavne značilnosti protokola Ripple in opišemo teorijo mikrostrukture trga. Izberemo tri modele za vzdrževanje likvidnosti, s katerimi testiramo vzdrževanje likvidnosti na realnih podatkih na trgu kriptovalut Ripple. Predstavimo dva enostavna neprediktivna modela in prediktivni Dasov model. Implementiramo program za snemanje živega trgovanja za valutni par XRP/BTC. Implementiramo izvajanje izbranih modelov na pridobljenih podatkih in izmerimo uspešnosti modelov.

## Poglavje 2

# Vzdrževalec likvidnosti

Vzdrževalec likvidnosti (*angl. market maker*) je podjetje ali posameznik, ki izvaja nakupna in prodajna naročila za finančni instrument ali delnico z namenom ustvarjanja likvidnosti in dobička. Dobiček ali izguba je rezultat razlike med tečajem nakupnega in prodajnega naročila (*angl. bid-offer spread*) [1].

Ljubljanska borza d.d. opisuje vzdrževalca likvidnosti kot borznega člana, ki zagotavlja likvidnost določenega vrednostnega papirja z obveznim dnevnim zagotavljanjem omejenih naročil za nakup in prodajo na trgu v določenem tečajnem razmiku ter sklepanjem poslov na podlagi teh naročil v svojem imenu in za svoj račun [2].

### 2.1 Cilji vzdrževalca likvidnosti

Cilj uveljavitve vzdrževalcev likvidnosti je predvsem povečanje likvidnosti na trgu kapitala. Ključna naloga borze je namreč vsem vlagateljem zagotoviti vstop oziroma izstop iz delniških naložb oz. finančnih instrumentov po bolj poštenih tržnih ceni. Sistem vzdrževalcev likvidnosti lahko pripomore k dosegu tega cilja, saj se z njim povečuje globina trga (*angl. market depth*) in zmanjšuje razlika med nakupnimi in prodajnimi tečaji (*angl. bid-ask spread*) [2].

## 2.2 Učinki vzdrževalca likvidnosti

Z ureditvijo vzdrževanja likvidnosti želi borza doseči naslednje učinke [2]:

- zmanjšanje razponov med ponudbo in povpraševanjem;
- povečanje globine trga;
- zmanjšanje spremenljivosti tečajev;
- povečanje trgovanja.

## 2.3 Vrste naročil

Naročila delimo na dva osnovna tipa [3]:

- tržno naročilo, kjer naročnik ne postavi omejitev glede tečajev;
- omejeno naročilo, kjer naročnik določi še sprejemljiv tečaj nakupa (najvišji) oziroma prodaje (najnižji)

### 2.3.1 Tržno naročilo

Pri tržnem naročilu (*angl. market order*) se nakup ali prodaja izvrši takoj po trenutnem tečaju. Dokler obstajajo kupci in prodajalci, se tržna naročila lahko izvršijo takoj. V splošnem se tržna naročila uporabljajo, kadar je izvršitev naročila bolj pomembna od njegovega tečaja. Torej tržno naročilo ne omogoča nadzora nad ceno, po kateri bo naročilo izvedeno. Tržno naročilo se izvede po trenutno najboljši razpoložljivi ceni [3].

### 2.3.2 Omejeno naročilo

Omejeno naročilo (*angl. limit order*) je naročilo, pri katerem je vnesen tečaj in s katerim je omogočeno sklepanje poslov največ do tečaja, ki je bil opredeljen ob vnosu naročila. To daje trgovcu nadzor nad ceno, po kateri se prodaja izvede, vendar obstaja možnost, da se tako naročilo nikoli ne izvede.

Omejena naročila se uporablja, kadar želi imeti trgovec za nadzor nad ceno ne pa gotovost izvršitve naročila [3].

## 2.4 Knjiga naročil

Knjiga naročil (*angl. order book*) je seznam vseh odprtih prodajnih in nakupnih naročil v danem trenutku. Algoritem izvrševanja naročil z uporabo knjige naročil določi, katera naročila se izvršijo oz. kateri posli se sklenejo. Knjiga naročil mora vsebovati podatke o [5]:

- identifikaciji trgovca;
- količini;
- ceni, po kateri se finančni instrument prodaja oz. kupuje.

## 2.5 Vrh knjige naročil

Na vrhu knjige naročil (*angl. top of the book*) sta najvišja cena za nakup in najnižja cena za prodajo. Vrh knjige naročil določa, po kolikšni ceni se prodaja oz. nakupna naročila lahko izvedejo [5].

## 2.6 Globina knjige

Globina knjige (*angl. book depth*) se nanaša na število naročil, ki so na voljo v knjigi naročil v trenutnem času. Na nekaterih borzah je knjiga naročil omejena s fiksno globino [5].

## 2.7 Razlika

Razliko v ceni med najvišjo ceno za nakup in najnižjo ceno za prodajo imenujemo razlika (*angl. bid-ask spread*). Velikost nakupno-prodajne razlike je mera za likvidnost trga in mera za velikost transakcijskih stroškov [4].

## 2.8 Likvidnost

Trgovec, ki odda tržno naročilo, zahteva likvidnost (*angl. liquidity*). Na nasprotni strani transakcije trgovec z omejenim naročilom daje likvidnost. Pri sklenitvi posla plača razliko trgovec, ki zahteva likvidnost. Na nasprotni strani trgovec, ki daje likvidnost, z razliko zasluži. Podjetja ali posamezniki so dajalci likvidnosti z izvajanjem omejenih naročil. Večino transakcijskih stroškov predstavlja nakupno prodajna razlika, poleg transakcijskih stroškov borze. Nakupno prodajna razlika predstavlja stroške za sklenitev posla, ki je brez časovne zakasnitve [4].

## 2.9 Devizni tečaj

Devizni tečaj (*angl. exchange rate*) določa ceno valutnega para, po kateri se sklene menjava. Določa količino druge valute na enoto prve valute. Na primer, devizni tečaj 1,2 za valutni par EUR/USD določa, da bomo za 1 EUR dobili 1,2 USD. Pravimo, da je cena evra v ameriških dolarjih enaka 1,2 [6].



## Poglavje 3

# Protokol Ripple

Protokol Ripple je razvilo podjetje Ripple Labs leta 2012. Je poceni in hiter plačilni sistem za prenos vrednosti. Uporabnikom omogoča prenos sredstev (npr. fiat valute, digitalne valute ter druge oblike vrednosti) preko državnih meja. Je enostaven za uporabo, tako kot je pošiljanje elektronske pošte [7].

V fizični obliki je Ripple omrežje računalnikov, na katerih teče odprtokodna programska oprema (rippled). Rippled programska oprema opravlja transakcije po pravilih, ki jih določa protokol Ripple. Podobno kot drugi internetni protokoli, npr. SMTP za elektronsko pošto ali HTTP za internetne strani, je Ripple množica pravil, ki določajo, kako računalniki, povezani v internet komunicirajo med seboj. Nihče si ne lasti omrežja Ripple. Ripple Labs ne upravlja z omrežjem, ne pobira pristojbin in ne omejuje dostopa. [7].

Protokol Ripple je množica pravil za bremenitev in sklepanje transakcij. Protokol nadzira, kako dve stranki naredita prenos lastništva za katerokoli valuto oz. druge vrednosti med seboj. Protokol ni načrtovan kot plačilni sistem za prodajalce in kupce. Kar pomeni, da banke in drugi udeleženci finančnih storitev kontrolirajo celotno uporabniško izkušnjo. Protokola Ripple si ne lasti nobeno podjetje, ampak je javna dobrina, tako kot sta to protokola SMTP in HTTP [7].

### 3.1 Skupna, javna glavna knjiga

Vsaka finančna ustanova upravlja z glavno knjigo (*angl. ledger*), kjer so zapisani posamezni računi uporabnikov. V digitalnem svetu so plačila samo spremembe v podatkovni bazi. Banka lahko naredi posamezno transakcijo znotraj lastne banke relativno enostavno. Vsaka finančna ustanova ima lastno glavno knjigo in med seboj različno programsko opremo, zato ne morejo med seboj komunicirati efektivno. Globalno si predstavljamo Ripple kot nevtralno, javno, glavno knjigo, ki povezuje finančne ustanove med seboj. Ripple lahko služi kot povezava med finančnimi ustanovami po vsem svetu [7].

### 3.2 Problem dvojne porabe in Bitcoin

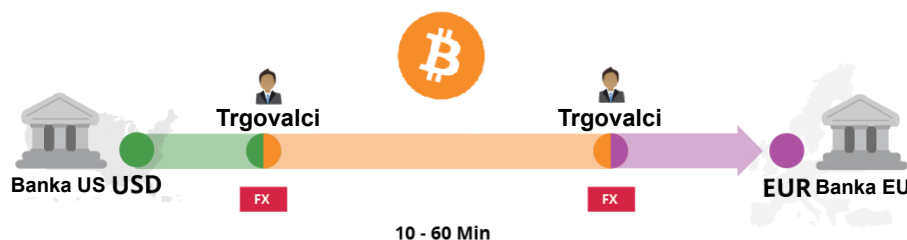
Zgodovinsko gledano je poravnava poslov tripartitni dogovor med pošiljateljem, upravičencem in klirinško hišo. V Združenih Državah Amerike je Ameriška centralna banka (*angl. Federal Reserve*) uradna klirinška hiša, ki upravlja z glavno knjigo. Glavna knjiga pa je dostopna vsem bankam [7].

Potreba po klirinški hiši izhaja iz problema dvojne porabe (*angl. double spend*). Digitalno stanje posameznega računa je samo zapis v glavni knjigi. Je obveznost izdajalca oz. obljuba za plačilo lastniku na njegovo zahtevo in je podprta s sredstvi banke [7].

Brez centralne banke, ki deluje kot klirinška hiša, bi lahko posamezna banka dvojno porabila svoja sredstva ter hkrati izvedla plačila za več strank naenkrat, kar predstavlja veliko tveganje nasprotne stranke. Namesto tega banke vložijo sredstva pri centralni banki in nato centralna banka premika sredstva med posameznimi računi. Ta preglednost zagotavlja plačilno sposobnost (*angl. solvency*) plačil [7].

Protokol Bitcoin je predstavil izjemno rešitev za problem dvojne porabe. V protokolu Bitcoin omrežje računalnikov upravlja z glavno knjigo. Glavna knjiga beleži, koliko bitcoinov oz. digitalnih sredstev si lasti posameznik. To odstrani potrebo po klirinški hiši in omogoča prenos sredstev preko omrežja P2P brez posrednikov. Teoretično to odstrani veliko stroškov in tveganje

nasprotno stranke. Vendar je potrebno pri protokolu Bitcoin za transakcije uporabiti lastno digitalno valuto, torej bitcoine oz. BTC [7].



Slika 3.1: Prenos sredstev preko protokola Bitcoin.

Slika 3.1 prikazuje, kako lahko pošiljatelj preko protokola Bitcoin prenese sredstva iz banke Združenih držav Amerike prejemniku v banko v Evropi in hkrati zamenja valuto iz USD v EUR. Najprej pošiljatelj zamenja USD v BTC preko bitcoin borze. BTC nato pošiljatelj pošlje na prejemnikov bitcoin naslov. Nato prejemnik pretvori BTC v EUR preko bitcoin borze ter nakaže EUR na prejemnikov bančni račun [7].

Tehnologija protokola Bitcoin prinaša konceptualne izboljšave, s katerimi odstrani velik del trenja, ki trenutno obstaja pri procesu medbančnih prenosov sredstev. Protokol omogoča sklepanje poslov in s tem zaobide zahtevne in drage bančne sisteme. Uporabnikom pa omogoča cenejše in hitrejše sklepanje poslov. Dejstvo, da morajo uporabniki za transakcije uporabiti valuto bitcoin, prinaša pomanjkljivosti [7]:

- Borze ali bitcoin plačilni posredniki zaračunavajo transakcijske stroške pri valutni menjavi v in iz BTC;
- Likvidnost za menjavo v in iz BTC je omejeno in predstavlja nove stroške;

- Čeprav veliko uporabnikov takoj po prejemu BTC pretvori sredstva v drugo valuto, so še vedno izpostavljeni 10 - 60 minutnemu valutnemu tveganju, dokler omrežje bitcoin ne potrdi transakcije.
- Povprečna cenovna razlika BTC/USD v enournem intervalu lahko znaša med 1,5% do 20%. Ta cenovna razlika lahko povsem izniči prihranke, ki jih prinaša uporaba protokola Bitcoin;

Tudi v primeru, da je omenjena cenovna razlika BTC/USD bistveno zmanjšana, za prejemnika ni zagotovila, da bo prejel USD po vnaprej določeni ceni, ker v transakciji ni udeležena klirinška hiša, ki bi vnaprej zagotovila valutno razmerje cen [7].

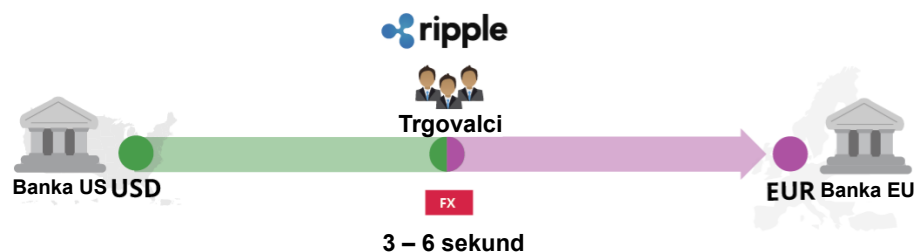
### 3.3 Kako deluje protokol Ripple

Protokol Ripple omogoča poravnavo transakcij preko omrežja P2P, podobno kot drugi digitalni valutni protokoli, npr. Bitcoin. Ripple se izogne številnim stroškom in zmanjšuje tveganje pri medbančnih prenosih sredstev, še posebno pri meddržavnih transakcijah [7].

Z razliko od drugih digitalnih valutnih protokolov je protokol Ripple valutno neodvisen, saj uporabniki niso pogojeni s prenosom sredstev v lastni valuti, tj. ripple (XRP). Dodatno protokol Ripple omogoča [7]:

- Hitro izvedbo transakcij, skoraj v realnem času (*angl. real-time*) (tri do šest sekund);
- Zanaša se na obstoječe finančne ustanove, ki delujejo kot vstopne točke oz. prehodi (*angl. gateway*) v in iz protokola Ripple
- Zanaša se na vzdrževalce likvidnosti, ki zagotavljajo cenovno najbolj ugodno menjalno razliko (*angl. bid-ask spread*).

Protokol avtomatsko izbere cenovno najbolj ugodno pot za transakcijo. Banka pošiljateljica se priklapi v protokol Ripple in izvede USD/EUR transakcijo. Vzdrževalci likvidnosti tekmujejo za transakcijo z najboljšo ponudbo oz. povpraševanjem za valutni par EUR/USD. Protokol zagotavlja, da bo transakcijo izvedel vzdrževalec likvidnosti, ki je cenovno najbolj ugoden. Izbrani vzdrževalec likvidnosti kupi USD pri banki pošiljateljici in proda EUR banki prejemnici [7].



Slika 3.2: Prenos sredstev preko protokola Ripple.

Slika 3.2 prikazuje prenos sredstev preko protokola Ripple. Dani primer izpostavlja prednosti uporabe protokola Ripple za medbančni prenos sredstev [7]:

- Uporabniki za izvedbo transakcije niso prisiljeni v menjavo v vmesno valuto XRP. Pri transakciji ima pošiljatelj samo enkratne stroške, torej s tečajno razliko;
- Ripple algoritem poskrbi za izbiro transakcije preko poti, ki ima najnižjo tečajno razliko v omrežju;
- Banke še naprej skrbijo za interakcijo s svojimi uporabniki. Banke lahko same določijo, kolikšen del zmanjšanja stroškov bodo prinesle svojim uporabnikom;

- Transakcije v Ripple omrežju se sklenejo v nekaj sekundah. Banka tako omogoči svojim uporabnikom hitrejši dostop do svojih sredstev in s tem izboljša uporabniško izkušnjo.

Ker uporabniki poslujejo direktno s svojimi bankami za dostop do Ripple omrežja, se lahko ohrani obstoječa regulacija in nadzor s strani nadzornih organov [7].

Glavne razlike med protokoloma Bitcoin in Ripple povzemamo v tabeli 3.1 [7]:

lastnosti	Bitcoin	Ripple
<b>borza</b>	centralizirana	decentralizirana
<b>arhitektura</b>	decentralizirana	decentralizirana
<b>algoritem sklepanja poslov</b>	Proof of Work	Consensus
<b>hitrost transakcije</b>	10 do 60 minut	3 do 6 sekund
<b>maks. št. transakcij/dan</b>	600.000	86.000.000
<b>valuta</b>	samo BTC	fiat valute in kriptovalute
<b>stroški transakcije</b>	stroški rudarjenja	stroški varnosti

Tabela 3.1: Primerjava lastnosti protokolov Bitcoin in Ripple.

## 3.4 Glavne značilnosti protokola Ripple

### 3.4.1 Algoritem sklepanja poslov

Omrežje Ripple je javno dostopna glavna knjiga, ki jo kolektivno upravlja omrežje računalnikov. Glavna knjiga beleži račune in stanja Ripple uporabnikov. Znotraj omrežja Ripple so vse transakcije pooblašene in sklenjene s procesom, ki ga imenujemo soglasje (*angl. consensus*). V tem procesu se mora velika večina Ripple računalnikov enotno strinjati, da je transakcija znotraj omrežja veljavna pred končnim zapisom v glavno knjigo [7].

Ripple računalniki uporabljajo javno-privatni kriptografski ključ za potrjevanje pravilnosti transakcije. Vsaka oddana transakcija se podpiše z

edinstvenim digitalnim podpisom. Ripple računalniki matematično preverijo pravilnost podpisa, preden se nova transakcija zapiše v glavno knjigo. Povezani računalniki morajo doseči soglasje velike večine, da se lahko naredi sprememba zapisa v glavni knjigi. Temu pravimo atomski proces (*angl. atomic process*), torej ali je transakcija popolnoma potrjena ali ne. Ta proces omogoča omrežju Ripple sklepanje transakcij v dejanskem času (od 3 do 6 sekund) in ne potrebuje več centralnega operaterja oz. klirinške hiše. Proces soglasja omogoča hitro, varno in decentralizirano sklepanje transakcije v omrežju Ripple. Ripple se v tem delu razlikuje od Bitcoina, ki se za potrjevanje transakcij v glavni knjigi zanaša na proces imenovan rudarjenje (*angl. mining oz. proof of work*). Ker se Ripple ne zanaša na rudarjenje za doseganje soglasja, ne porabi velike količine elektrike oz. procesorske moči, kot to velja za Bitcoin [7].

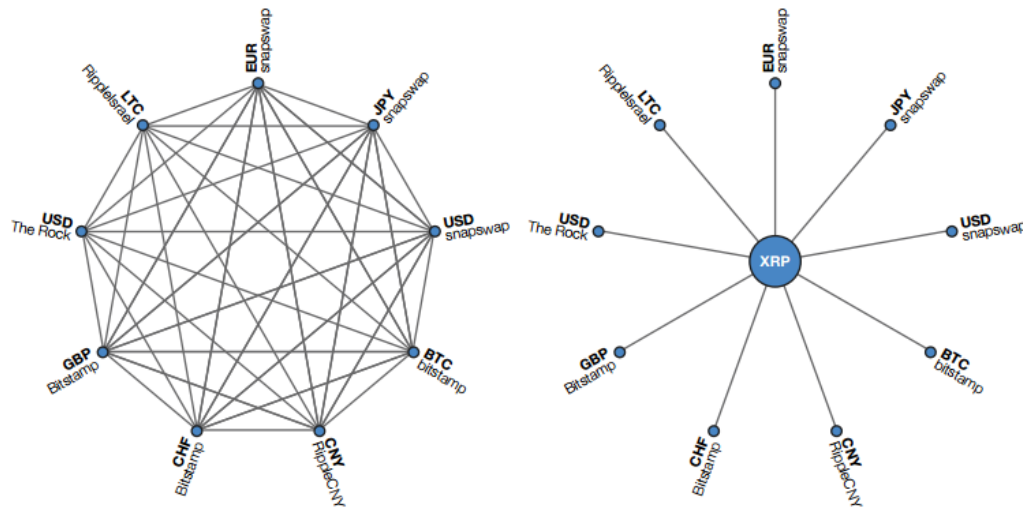
### 3.4.2 Valutna neodvisnost

Protokol Ripple ima lastno valuto XRP, ki obstaja znotraj omrežja, podobno kot drugi kripto-protokoli, ki uporabljajo lastno digitalno valuto za prenos sredstev. XRP spada med kriptovalute, kar pomeni, da se lahko valuto preveri z matematičnimi lastnostmi. XRP je digitalno sredstvo, ki se lahko prenaša znotraj omrežja [7].

Z razliko od drugih kripto protokolov, omogoča Ripple uporabnikom popolno izbiro med različnimi valutami in za prenos sredstev ni omejen z XRP. XRP je namenjen za dve ključni funkciji [7]:

- Za preprečitev zlorabe sistema pred DoS. Za vsako izvedeno transakcijo se uniči 0,00001 XRP;
- Obnaša se kot vmesna valuta za vzdrževalce likvidnosti znotraj omrežja.

XRP služi kot most pri menjavi med različnimi valutami, prikazano na sliki 3.3. S tem se izogne vsem možnim kombinacijam valutnih parov. Zato lahko uporabniki držijo sredstva v eni valuti in delajo transakcije v drugi valuti, brez da bi prej morali za prenos narediti menjavo valute v XRP[7].



Slika 3.3: XRP most med različnimi valutami.

### 3.4.3 Nižanje stroškov valutne menjave z vzdrževalci likvidnosti

Medvalutna plačila imajo relativno visoke menjalne provizije. Provizija za medvalutno menjavo znaša 2% do 4% celo pri najbolj likvidnih valutah. Provizije za mednarodne transakcije za medvalutne prenose denarnih sredstev pa so običajno višje, nekje 5% do 10% [7].

Ripple znižuje tečajne razlike tako, da naredi stroške medvalutne menjave konkurenčne. Omrežje Ripple naredi valutne menjave tako, da preusmeri menjalna naročila na vzdrževalce likvidnosti, ki tekmujejo med seboj za minimalno razliko med ponudbo in povpraševanjem za različne valutne pare. Vzdrževalci likvidnosti so pomemben vir likvidnosti znotraj omrežja. Primarno so to finančne družbe npr. banke, skladi, trgovalna podjetja [7].

Protokol Ripple je načrtovan tako, da preusmeri vsako transakcijo tako, da je provizija vedno najcenejša na trgu. Omejeno naročilo vzdrževalca likvidnosti se izvrši le takrat, ko je čisto na vrhu v knjigi naročil, torej najbolj ugodno v danem času. Protokol lahko na ta način zniža visoke operative



stroške za mednarodne finančne transakcije [7].

#### 3.4.4 Iskanje poti

Algoritem iskanja poti (*angl. pathfinding algorithm*) poleg vzdrževalcev likvidnosti dodatno zmanjšuje stroške transakcije z iskanjem najcenejše poti v omrežju [7].

Pri likvidnih valutnih parih je za menjavo izbrana najcenejša pot, ki je pogosto pot z enim skokom preko enega vzdrževalca likvidnosti. Vendar bo algoritem iskanja poti iskal najcenejšo pot tudi po bolj kompleksnih poteh s skoki po več vmesnih valutah, če je taka pot cenejša [7].

Z razliko od obstoječih valutnih trgov uporabniki niso izpostavljeni tveganju, da se transakcija z več vmesnimi valutnimi menjavami ne izvede do konca zaradi spremembe cene v vmesni knjigi naročil. Protokol Ripple izvede skoke med različnimi valutami kot eno atomsko transakcijo. Celotna transakcija se sklene ali pa se nikoli ne zgodi. Ne more se zgoditi, da bi se transakcija na poti zataknila. Za celotno pot se izvede več vmesnih transakcij hkrati, spremembe pa se zapišejo v glavno knjigo v enem samem zapisu, zato za izvajalca take transakcije ni tveganja nasprotne stranke [7].



## Poglavje 4

# Mikrostruktura trga

Mikrostruktura trga (*angl. market microstructure*) je področje v financah, ki proučuje proces formiranja cene na finančnih trgih. Udeleženci trga pridobivajo informacije z opazovanjem različnih podatkov iz naročil in trgujejo na podlagi zbranih informacij. [11].

### 4.1 Modeli vzdrževalcev likvidnosti

Lyons (2001) je področje mikrostrukture trga razdelil na dva modela:

- Model temelječ na zalogi;
- Model temelječ na informacijah.

Model zalog raziskuje stroške zalog vzdrževalcev likvidnosti, ki nastanejo zaradi neravnotežja valutnih zalog. Model zalog ne upošteva motivov drugih udeležencev na trgu. [11].

Informacijski model proučuje problem neugodne izbire med informiranimi udeleženci trga in vzdrževalcem likvidnosti. Do neugodne izbire pride v primeru izvršene transakcije med dvema udeležencema na trgu, ki imata nasprotujoče informacije o pravi vrednosti tečaja [11].

## 4.2 Razdelitev udeležencev na trgu

Harris (1998) je razdelil udeležence na trgu na tri tipe:

- Informirani udeleženci imajo vnaprejšnjo informacijo o premiku tečaja;
- Neinformirani udeleženci ali vzdrževalci likvidnosti nimajo vnaprejšnje informacije o premiku tečaja;
- Vrednostni udeleženci se odločajo na podlagi fundamentalne analize.

## 4.3 Stroški vzdrževalca likvidnosti

Vzdrževalec likvidnosti uporablja prodajno-nakupno razliko za pokrivanje lastnih stroškov. Stroški vzdrževalca likvidnosti izvirajo iz:

- Stroškov naročil
- Stroškov zalog
- Stroškov neugodne izbire

### 4.3.1 Stroški naročil

Procesiranje naročil je odvisno od trga, na katerem vzdrževalec likvidnosti deluje. Upoštevati moramo stroške borznih naročil, stroške sklepanja transakcij, stroške davkov, stroške prenosa sredstev na trgovalni račun itd.

### 4.3.2 Stroški zalog

Vzdrževalec likvidnosti mora imeti za svoje delovanje vedno na zalogi dve valuti. Da nam valutne zaloge na eni strani ne bi zmanjkalo in da nimamo presežka valutne zaloge na drugi strani, mora biti zaloga obeh valut razporejena čim bolj uravnoteženo. Presežka zalog nimamo, če je razmerje zalog med dvema valutama enako.

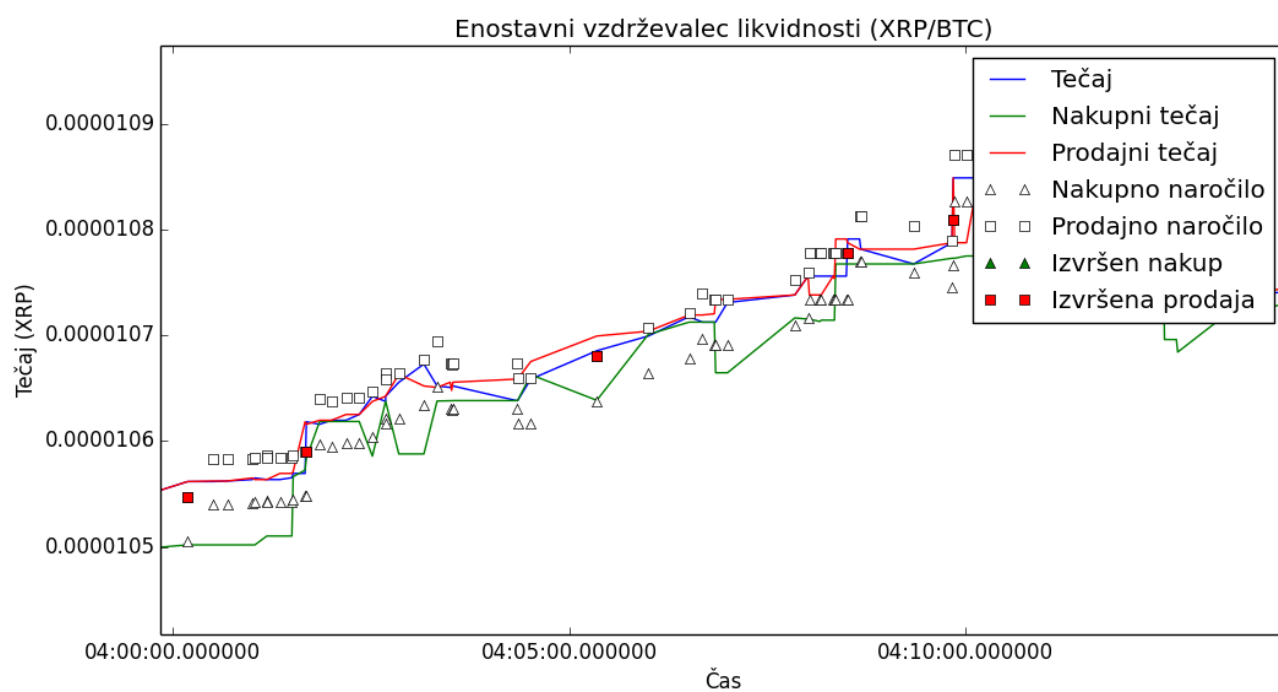
Ravnotežje zalog lahko dosežemo na več načinov. Teoretično je dovolj, če se izvrši enako število nakupnih in prodajnih transakcij. Praktično ta rešitev problema zalog ne zdrži, saj v primeru, da tečaj ene valute v primerjavi z drugo v daljšem časovnem obdobju konstantno raste, konča vzdrževalec likvidnosti z neuravnoteženo zalogo, saj se mu v danem primeru povečuje valutna zaloga na eni strani ter zmanjšuje na drugi strani. Če vzdrževalec likvidnosti zmanjka zaloge na eni strani, ne more več oddajati naročil in lahko izgublja priložnosti. Vzdrževalec likvidnosti mora nadzorovati valutne zaloge, ter ukrepati z nakupom manjkajoče valute v primeru neravnotežja zalog.

### 4.3.3 Stroški neugodne izbire

Če želimo zamenjati valute, opazimo da obstaja tečajna razlika med najboljšo nakupno ceno in najboljšo prodajno ceno. Vzdrževalec likvidnosti lahko ustvari zaslužek v tečajni razliki. Če vzdrževalec likvidnosti oceni, da je pravi tečaj za valutni par EUR/USD 1,2 USD za vsak 1 EUR, lahko postavi omejeno nakupno naročilo po tečaju 1,19 USD in omejeno prodajno naročilo po tečaju 1,21 USD. V primeru, da se obe naročili izvršita, bo vzdrževalec likvidnosti zaslužil 0.02 USD za vsak 1 EUR.

Problem ni tako enostaven, saj se tečaj na trgu stalno spreminja. Recimo, da se je nakupna transakcija izvršila po tečaju 1,19 USD, vendar se je tečaj znižal za en cent v danem časovnem obdobju in je sedaj vreden le 1,18 USD. V tem primeru je vzdrževalec likvidnosti ustvaril izgubo.

Do neugodne izbire (*angl. adverse selection*) pride takrat, ko po izvršenem nakupnem naročilu tečaj pade, prodajno naročilo ostane neizvršeno in zaradi tega nastane izguba. Enako se zgodi v primeru, če po izvršenem prodajnem naročilu tečaj zraste in zaradi tega nastane izguba.



Slika 4.1: Problem neugodne izbire.

## Poglavje 5

# Izbrani modeli vzdrževalca likvidnosti

Cilj našega vzdrževalca likvidnosti je določanje nakupnega in prodajnega tečaja tako, da se bodo nakupne in prodajne transakcije izvršile čimvečkrat, da bo število nakupnih in prodajnih transakcij enakomerno in da bo dobiček na koncu trgovanja čim večji oz. izguba čim manjša.

Izbrali smo tri modele vzdrževalca likvidnosti za postavljanje nakupnih in prodajnih naročil, s katerimi bomo testirali obnašanje vzdrževalca likvidnosti na realnih podatkih na trgu kriptovalut Ripple. Najprej bomo predstavili dva enostavna neprediktivna modela, nato še prediktivni Dasov model.

### 5.1 Enostavni model

Pri enostavnem modelu predvidevamo, da se bo naslednja transakcija zgodila po tečaju, ki je blizu pretekle transakcije. Vzamemo tečaj prejšnje izvedene transakcije ( $P_{trans,t}$ ) in določimo nakupni tečaj ( $P_{nak}$ ) tako, da pretekli transakciji odštejemo želeno razliko ( $F$  delež v %), ki vključuje transakcijske stroške in dobiček. Prodajni tečaj ( $P_{prod}$ ) določimo tako, da tečaju pretekle transakcije prištejemo želeno razliko:

$$P_{nak} = P_{trans,t} * (1 - \frac{F}{100}) \quad (5.1)$$

$$P_{prod} = P_{trans,t} * (1 + \frac{F}{100}) \quad (5.2)$$

Vzdrževalec likvidnosti želi imeti majhna naročila, da se lahko čim bolje prilagaja razmeram na trgu in dosega uravnoteženo zalogo. Po drugi strani želi imeti čim večja naročila, saj je tako njegov zaslužek lahko večji. Rešitev nasprotujočih si ciljev rešimo tako, da določimo za vsako naročilo enak delež ( $F$  delež v %), ki je sorazmeren s trenutno velikostjo posamezne valutne zaloge. Količino nakupnega naročila ( $S_{nak}$ ) določimo z deležem od nakupne valutne zaloge ( $I_{nak}$ ). Količino prodajnega naročila ( $S_{prod}$ ) določimo z deležem od prodajne valutne zaloge ( $I_{prod}$ ).

$$S_{nak} = I_{nak} * \frac{F}{100} \quad (5.3)$$

$$S_{prod} = I_{prod} * \frac{F}{100} \quad (5.4)$$

V primeru premajhne nakupne valutne zaloge bodo velikosti nakupnih pozicij vse manjše, velikosti prodajnih pozicij pa vse večje. Premajhna nakupna valutna zaloga se bo počasneje zmanjševala oz. hitreje povečevala na eni strani in obratno se bo prevelika prodajna valutna zaloga počasneje povečevala in hitreje zmanjševala na drugi strani.

## 5.2 Enostavni model s povprečjem

Enostavni model nadgradimo s povprečjem nakupnih in prodajnih naročil. Predvidevamo, da se bo naslednja transakcija zgodila po tečaju, ki je blizu povprečju preteklih nakupnih oz. prodajnih naročil. Nakupni tečaj ( $P_{nak}$ ) določimo s povprečjem zadnjih štirih zaporednih najboljših nakupnih tečajev v knjigi naročil. Prodajni tečaj ( $P_{prod}$ ) določimo z povprečjem zadnjih štirih



zaporednih najboljših prodajnih tečajev v knjigi naročil. Dodamo še zeleno razliko ( $F$  delež v %), ki vključuje transakcijske stroške in dobiček:

$$P_{nak} = \left( \frac{P_{nak,t} + P_{nak,t-1} + P_{nak,t-2} + P_{nak,t-3}}{4} \right) * \left( 1 - \frac{F}{100} \right) \quad (5.5)$$

$$P_{prod} = \left( \frac{P_{prod,t} + P_{prod,t-1} + P_{prod,t-2} + P_{prod,t-3}}{4} \right) * \left( 1 + \frac{F}{100} \right) \quad (5.6)$$

Količino nakupnega naročila ( $S_{nak}$ ) določimo z deležem od nakupne valutne zaloge ( $I_{nak}$ ). Količino prodajnega naročila ( $S_{prod}$ ) določimo z deležem od prodajne valutne zaloge ( $I_{prod}$ ).

$$S_{nak} = I_{nak} * \frac{F}{100} \quad (5.7)$$

$$S_{prod} = I_{prod} * \frac{F}{100} \quad (5.8)$$

### 5.3 Prediktivni Dasov model

Za prediktivni model smo izbrali učečega vzdrževalca likvidnosti avtorja Sanmay Dasa [12] [13], ki je nadgradil Glosten-Milgromov model (1985).

Predvidevamo, da ima valutni par vgrajeno pravo vrednost tečaja (*angl. true value*) ali fundamentalno vrednost v vsakem trenutku. Trenutni trgovalni tečaj ni vedno enak pravi vrednosti tečaja (npr. v obdobju spekulativnega balona oz. prehitre rasti tečaja je trgovalni tečaj višji od tečaja prave vrednosti).

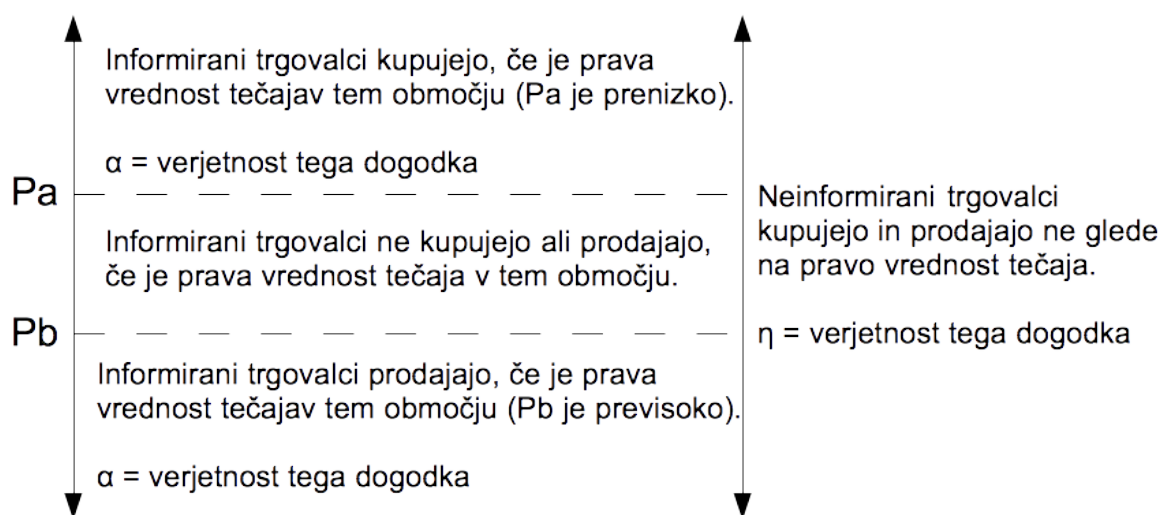
Obstajata dva tipa udeležencev na trgu:

- Informirani trgovalci (*angl. informed - insider traders*);
- Neinformirani trgovalci (*angl. uninformed - liquidity traders*).

Informirani trgovalci ali fundamentalni trgovalci so tisti, ki poznajo ali mislijo, da poznajo pravo vrednost tečaja in se odločajo s predpostavko, da se bo trenutni tečaj izenačil s pravo vrednostjo tečaja. Informirani trgovalci kupujejo, če ocenijo, da je trenutni tečaj podcenjen, ali prodajajo, če ocenijo, da je trenutni tečaj precenjen. Včasih lahko informirane trgovalce označimo kot trgovalce z notranjimi informacijami. Neinformirani trgovalci se odločajo za nakup ali prodajo naključno.

### 5.3.1 Algoritem vzdrževalca likvidnosti

Vzdrževalec likvidnosti postavi nakupno (*angl. bid*) in prodajno (*angl. ask*) naročilo po določenem tečaju ( $P_a$  in  $P_b$ ) v vsaki iteraciji oz. izvedeni transakciji. Na trgu obstaja prava vrednost tečaja  $V_i$  ob času  $i$ . Na začetku simulacije določimo podatek o pravi vrednosti tečaja  $V_0$ . Vzdrževalec likvidnosti vzdržuje verjetnostno porazdelitev prave vrednosti tečaja. Po vsaki izvršeni transakciji vzdrževalec likvidnosti ponovno izračuna in popravi verjetnostno porazdelitev prave vrednosti tečaja.



Slika 5.1: Diagram obnašanja informiranih in neinformiranih trgovalcev.

Informirani trgovelec izvede tržni nakup v primeru, da se prava vrednost tečaja nahaja nad našim prodajnim naročilom (pomeni, da je naše postavljeno prodajno naročilo prenizko). In na drugi strani informirani trgovelec izvede tržno prodajo, če se prava vrednost tečaja nahaja pod našim nakupnim naročilom (pomeni, da je naše nakupno naročilo previsoko). Če se prava vrednost nahaja med trenutnim nakupnim in prodajnim naročilom, potem informirani trgovelec ne bo izvedel tržnega nakupa ali prodaje.

Neinformirani trgovelec bo izvedel tržni nakup ali prodajo ne glede na pravo vrednost tečaja z verjetnostjo  $\eta$  in ne bo izvedel naročila z verjetnostjo  $1 - 2\eta$ .

Uporabljene spremenljivke:

- $\alpha$  - delež informiranih trgovcev;
- $1 - \alpha$  - delež neinformiranih trgovcev;
- $\eta$  - verjetnost, da je neinformiran trgovelec izvršil nakup ali prodajo;
- $P_a$  - naš tečaj omejenega prodajnega naročila (*angl. limit ask price*)
- $P_b$  - naš tečaj omejenega nakupnega naročila (*angl. limit bid price*)
- $V_i$  - prava vrednost tečaja v času  $i$

Informiran trgovelec ve, kakšna je prava vrednost tečaja  $V_i$  in bo izvršil nakupno naročilo, če je  $V_i > P_a^i$ , prodajno naročilo, če je  $V_i < P_b^i$  ter nobenega naročila, če  $P_b^i \leq V_i \leq P_a^i$ .

Sedaj lahko iz zgornjih predpostavk izračunamo verjetnosti za nakup ali prodajo po kateremkoli tečaju tako, da seštejemo verjetnosti izvedenih transakcij informiranih in neinformiranih trgovcev.

Ko se izvede omejeno prodajno naročilo (trgovelec je izvedel tržni nakup), potrebujemo dve verjetnosti:

- $\alpha * 1$  ( $\alpha$  je delež informiranih trgovcev, 1 je verjetnost za nakup informiranega trgovca)

- $(1 - \alpha)\eta$  ( $1 - \alpha$  je delež neinformiranih trgovalcev,  $\eta$  je verjetnost za nakup neinformiranega trgovalca)

Skupna verjetnost, da se izvede prodajno naročilo (trgovalec izvede tržni nakup), je:

$$P(\text{Buy}|V > P_a) = (1 - \alpha)\eta + \alpha \quad (5.9)$$

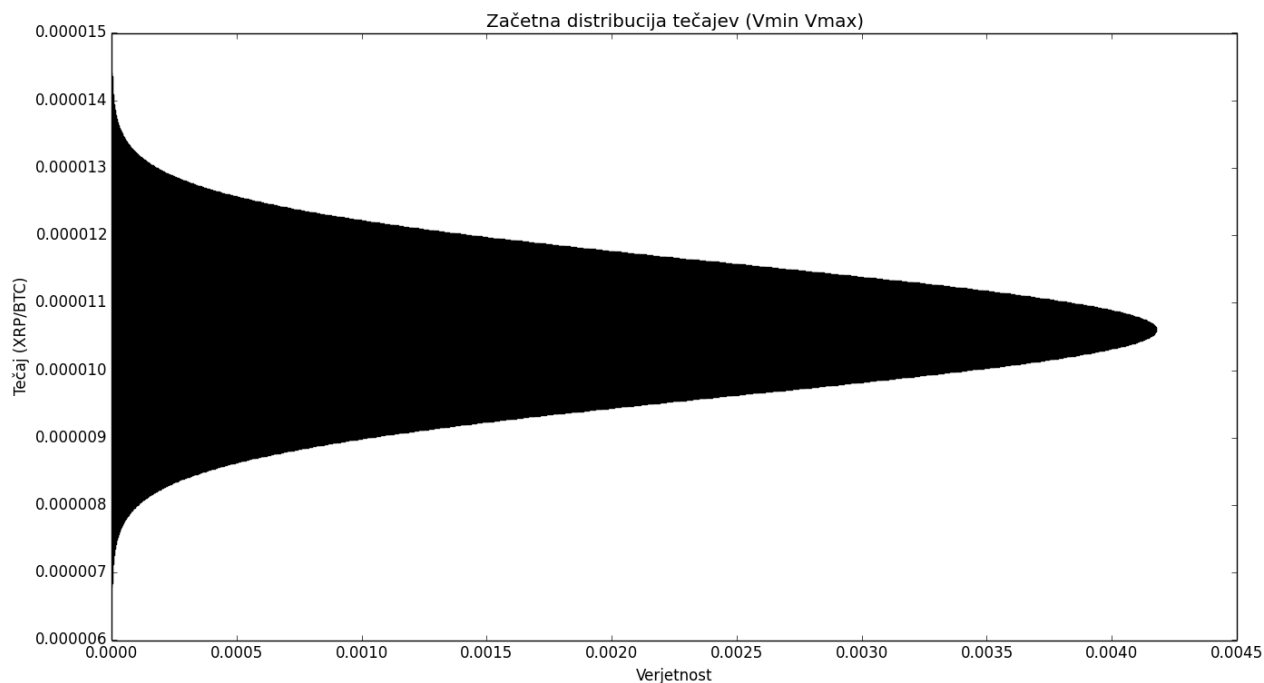
Ostale pogojne verjetnosti so:

$$P(\text{Buy}|V \leq P_a) = (1 - \alpha)\eta \quad (5.10)$$

$$P(\text{Sell}|V < P_b) = (1 - \alpha)\eta + \alpha \quad (5.11)$$

$$P(\text{Sell}|V \geq P_b) = (1 - \alpha)\eta \quad (5.12)$$

Najbolj pomembna lastnost modela je izračun prave vrednosti tečaja v času z verjetnostno porazdelitvijo. Ker je lahko vseh možnih vrednosti tečaja od nič do neskončno, omejimo možne prave vrednosti tečaja z minimalnim tečajem  $V_{min}$  in maksimalnim tečajem  $V_{max}$ , s korakom npr. 0,00000001 oz. natančnostjo, ki jo borza omogoča. Na začetku določimo pravo vrednost  $V_0$  (v času 0). Ponavadi izberemo povprečni tečaj zadnjih  $N$  transakcij. Za  $V_{min}$  in  $V_{max}$  izberemo 4-kratno razdaljo med minimalnim in maksimalnim tečajem za zadnjih  $N$  izvedenih transakcij. Nato vsaki pravi vrednosti  $V_i$  določimo verjetnost  $Pr(V = V_i)$  z normalno porazdelitvijo. Primer začetne porazdelitve je prikazan na sliki 5.2. Za vsak naslednji korak se porazdelitev računa po formulah opisanih v 5.3.2. Porazdelitev mora ostati normalizirana (vsota vseh verjetnosti mora biti enaka 1).



Slika 5.2: Verjetnostna porazdelitev prave vrednosti.

### 5.3.2 Izračun prave vrednosti in verjetnostne porazdelitve

Enačbe verjetnosti prave vrednosti za izvršeno transakcijo (nakupno naročilo, prodajno naročilo, brez naročila):

$$Pr(V = V_i | \text{Buy}, V_i > P_a) = \frac{((1 - \alpha)\eta + \alpha)Pr(V = V_i)}{P_{Buy}} \quad (5.13)$$

$$Pr(V = V_i | \text{Buy}, V_i \leq P_a) = \frac{(1 - \alpha - (1 - \alpha)\eta)Pr(V = V_i)}{P_{Buy}} \quad (5.14)$$

$$Pr(V = V_i | \text{Sell}, V_i < P_b) = \frac{((1 - \alpha)\eta + \alpha)Pr(V = V_i)}{P_{Sell}} \quad (5.15)$$

$$Pr(V = V_i | \text{Sell}, V_i \geq P_b) = \frac{(1 - \alpha - (1 - \alpha)\eta)Pr(V = V_i)}{P_{\text{Sell}}} \quad (5.16)$$

$$Pr(V = V_i | \text{No order}, V_i < P_b) = \frac{(1 - \alpha - (1 - \alpha)(1 - 2\eta))Pr(V = V_i)}{P_{\text{No order}}} \quad (5.17)$$

$$Pr(V = V_i | \text{No order}, V_i > P_a) = Pr(V = V_i | \text{No order}, V_i < P_b) \quad (5.18)$$

$$Pr(V = V_i | \text{No order}, P_b \leq V_i \leq P_a) = \frac{((1 - \alpha)(1 - 2\eta) + \alpha)Pr(V = V_i)}{P_{\text{No order}}} \quad (5.19)$$

$$P_{\text{No order}} = 1 - P_{\text{Sell}} - P_{\text{Buy}} \quad (5.20)$$

Ocena prave vrednosti (*angl. estimate*):

$$E[V] = \sum_{V_i=V_{\min}}^{V_i=V_{\max}} V_i Pr(V = V_i) \quad (5.21)$$

### 5.3.3 Izračun omejenega nakupnega naročila in omejenega prodajnega naročila

Enačba za omejeno nakupno naročilo:

$$P_b = \frac{1}{P_{\text{Sell}}} \left( \sum_{V_i=V_{\min}}^{V_i=P_b-1} ((1-\alpha)\eta + \alpha)V_i Pr(V = V_i) + \sum_{V_i=P_b}^{V_i=V_{\max}} ((1-\alpha)\eta)V_i Pr(V = V_i) \right) \quad (5.22)$$

kjer je verjetnost tržne prodaje  $P_{\text{Sell}}$ :

$$P_{\text{Sell}} = \sum_{V_i=V_{\min}}^{V_i=P_b-1} ((1-\alpha)\eta + \alpha)Pr(V = V_i) + \sum_{V_i=P_b}^{V_i=V_{\max}} ((1-\alpha)\eta)Pr(V = V_i) \quad (5.23)$$

Enačba za omejeno prodajno naročilo:

$$P_a = \frac{1}{P_{Buy}} \left( \sum_{V_i=V_{min}}^{V_i=P_a} ((1-\alpha)\eta)V_i Pr(V = V_i) + \sum_{V_i=P_{b+1}}^{V_i=V_{max}} ((1-\alpha)\eta + \alpha)V_i Pr(V = V_i) \right) \quad (5.24)$$

kjer je verjetnost tržnega nakupa  $P_{Buy}$ :

$$P_{Buy} = \sum_{V_i=V_{min}}^{V_i=P_a} ((1-\alpha)\eta) Pr(V = V_i) + \sum_{V_i=P_a+1}^{V_i=V_{max}} ((1-\alpha)\eta + \alpha) Pr(V = V_i) \quad (5.25)$$





## Poglavje 6

# Implementacija

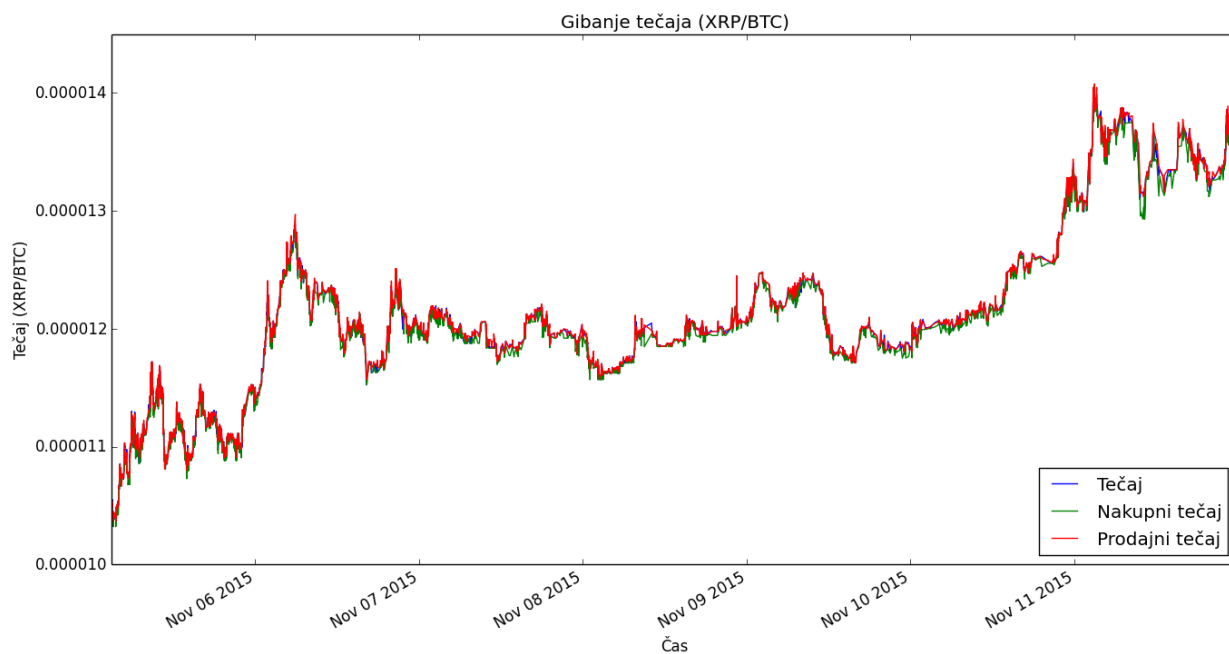
Implementacija je sestavljena iz dveh delov:

- Shranjevanje podatkov, potrebnih za simulacijo
- Izvajanje simulacij trgovanja na pridobljenih podatkih

### 6.1 Shranjevanje podatkov

Najprej smo potrebovali podatke za simulacije trgovanja različnih modelov vzdrževalca likvidnosti. Podatke smo dobili s snemanjem živega trgovanja za valutni par XRP/BTC na Bitsamp prehodu (*angl. gateway*) za določeno časovno obdobje. Ob vsaki spremembi tečaja shranimo vse potrebne podatke, ki jih dobimo iz glavne knjige.

Na sliki 6.1 je prikazano gibanje tečaja XRP/BTC v obdobju enega tedna. Te podatke smo uporabili za simulacijo trgovanja vzdrževalca likvidnosti.



Slika 6.1: Gibanje tečaja XRP/BTC

Podatki, potrebni za simulacijo:

- Trenutni čas;
- Tečaj izvedene transakcije;
- Količina izvedene transakcije;
- Tečaj najboljšega omejenega nakupnega naročila;
- Količina najboljšega omejenega nakupnega naročila;
- Tečaj najboljšega omejenega prodajnega naročila;
- Količina najboljšega omejenega prodajnega naročila;
- Povprečni tečaj zadnjih štirih najboljših omejenih nakupnih naročil;

- Povprečni tečaj zadnjih štirih najboljših omejenih prodajnih naročil;
- Sprememba tečaja;

Program za snemanje trgovanja je napisan v programskem jeziku JavaScript in se izvaja v okolju Node.js [8]. Za shranjevanje podatkov smo uporabili odprtokodno podatkovno bazo MongoDB [9]. Za pridobivanje želenih podatkov smo uporabili odprtokodno knjižnico Ripple-lib [10]. Ripple-lib je programski vmesnik (*angl. API*) napisan v programskem jeziku JavaScript za okolje Node.js. Knjižnica Ripple-lib omogoča povezovanje v Ripple omrežje in poizvedbe iz glavne knjige Ripple (*angl. Ripple Consensus Ledger*).

## 6.2 Simulacija trgovanja vzdrževalca likvidnosti

Algoritmi za simulacijo trgovanja vzdrževalca likvidnosti so napisani v programskem jeziku Python. Simulacije vzdrževalca likvidnosti se razlikujejo po tipu modela, ki ga uporabljamo za trgovanje:

- Enostavni model (5.1);
- Enostavni model s povprečjem (5.2);
- Dasov model (5.3).

Postavitev začetnih parametrov za simulacijo trgovanja je sledeča. Delež transakcijskih stroškov in zelenega dobička za vsako iteracijo je 0,2%, začetna nakupna valutna zaloga je 66.000 XRP, začetna prodajna valutna zaloga je 1 BTC, delež nakupne oz. prodajne valutne zaloge za vsako iteracijo je 1%.

Za vsak model zaženemo simulacijo enkrat in primerjamo rezultate. Simulacijo Dasovega modela smo zagnali večkrat z različnimi spremenljivkami  $\alpha$  0,25, 0,5 in 0,75, da vidimo, kakšen vpliv ima delež informiranih trgovalcev na trgovanje vzdrževalca likvidnosti. Verjetnost  $\eta$ , da bo neinformiran

trgovalec izvršil nakup ali prodajo, je nastavljena na 0,4. To pomeni, da je verjetnost za nakup ali prodajo 0,4 in verjetnost, da naročila ne bo izvedel, 0,2.

# Poglavje 7

## Rezultati

V tem poglavju opišemo rezultate simulacije trgovanja vzdrževalca likvidnosti za neprediktivna enostavna modela in prediktivni Dasov model.

### 7.1 Merjenje uspešnosti modelov

Uspešnost različnih trgovalnih modelov merimo na tri načine:

- Z odstopanjem od povprečne razlike med nakupnim in prodajnim naročilom (*angl. spread*), ki mora biti čim manjša. Vzamemo povprečno razliko iz simulacije v razmerju s povprečno razliko originalnega trgovanja (brez simulacije);
- Z deležem izvedenih transakcij oz. s številom izvedenih transakcij v razmerju s številom vseh transakcij (brez simulacije). Delež izvedenih transakcij mora biti čim večji;
- Z dobičkom, ki mora biti čim večji, oz. izgubo, ki mora biti čim manjša.

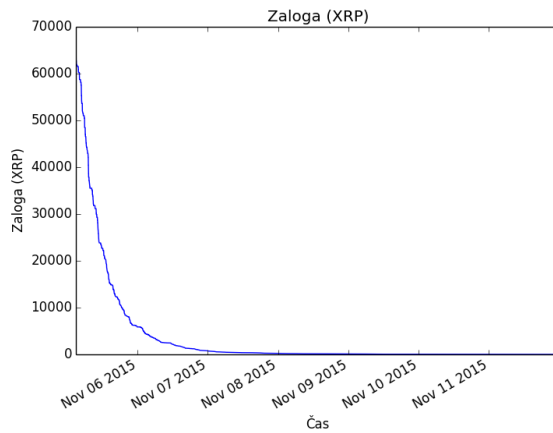
Za lažjo primerjavo učinkovitosti modelov pomnožimo zgoraj naštete vrednosti z utežmi. Odstopanje od povprečne razlike pomnožimo z utežjo 0,2, delež izvedenih transakcij pomnožimo z utežjo 0,3 in dobiček pomnožimo z utežjo 0,5. Za dokončni rezultat uspešnosti še seštejemo posamezne vrednosti med seboj.

## 7.2 Rezultati neprediktivnih modelov

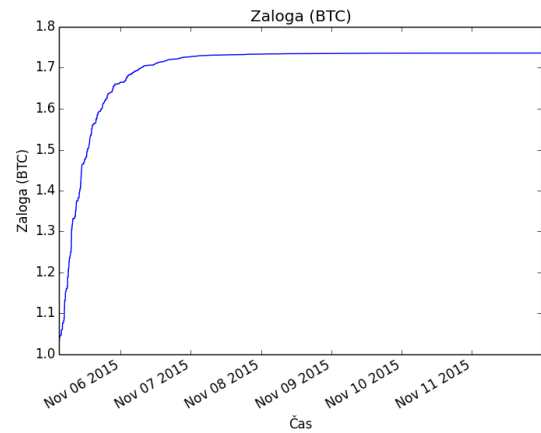
Pri trgovanju z enostavnim modelom (tabela 7.1) se izvrši 1211 nakupnih naročil in 1268 prodajnih naročil. Pri enostavnem modelu s povprečenjem se izvrši precej manj naročil, 315 nakupnih naročil in 672 prodajnih naročil. V izbranem časovnem obdobju je tečaj XRP/BTC zrasel za 21,75%. Zaradi rastočega trenda (Slika 6.1) se izvrši več prodajnih naročil kot nakupnih. Tudi spremembi valutnih zalog na slikah 7.1 in 7.2 prikazujeta, da se zaradi večjega števila izvršenih prodajnih naročil povečuje valutna zaloga BTC in zmanjšuje valutna zaloga XRP.

	Enostavni model	Enostavni model s povprečenjem
<b>Dobiček</b>	<b>-8,74%</b>	<b>-5,42%</b>
Število izvedenih nakupov	1211	315
Število izvedenih prodaj	1268	672
Število izvedenih transakcij	2479	987
Število vseh transakcij	7515	7515
Delež izvedenih nakupov	48,85%	31,91%
Delež izvedenih prodaj	51,15%	68,09%
<b>Delež izvedenih transakcij</b>	<b>32,99%</b>	<b>13,13%</b>
Povprečna razlika simulacije	$4,77 * 10^{-8}$	$7,45 * 10^{-8}$
Povprečna razlika brez simulacije	$3,79 * 10^{-8}$	$3,79 * 10^{-8}$
<b>Odstopanje povprečne razlike</b>	<b>-25,7%</b>	<b>-96,52%</b>
<b>Uspešnost</b>	<b>0,38</b>	<b>-18,07</b>

Tabela 7.1: Rezultati trgovanja enostavnih modelov.

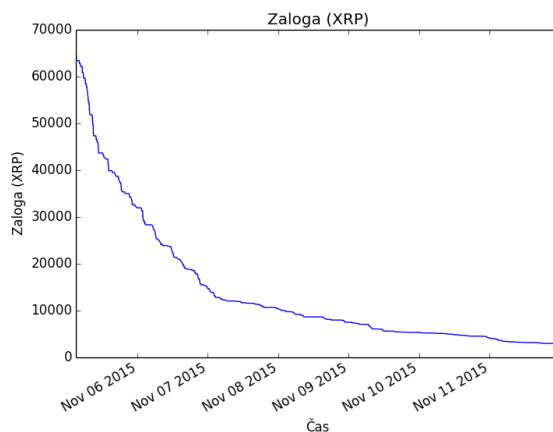


(a) Zaloge XRP

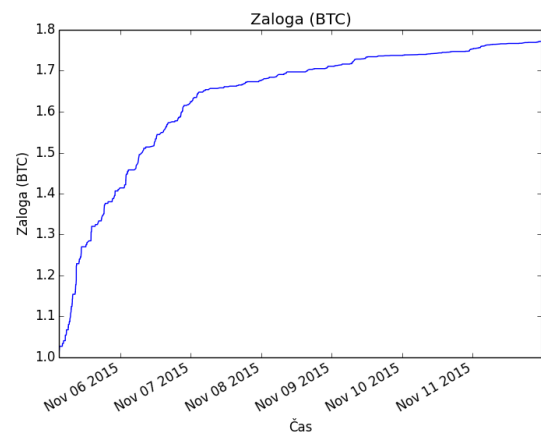


(b) Zaloge BTC

Slika 7.1: Spreminjanje zaloge enostavnega modela



(a) Zaloge XRP

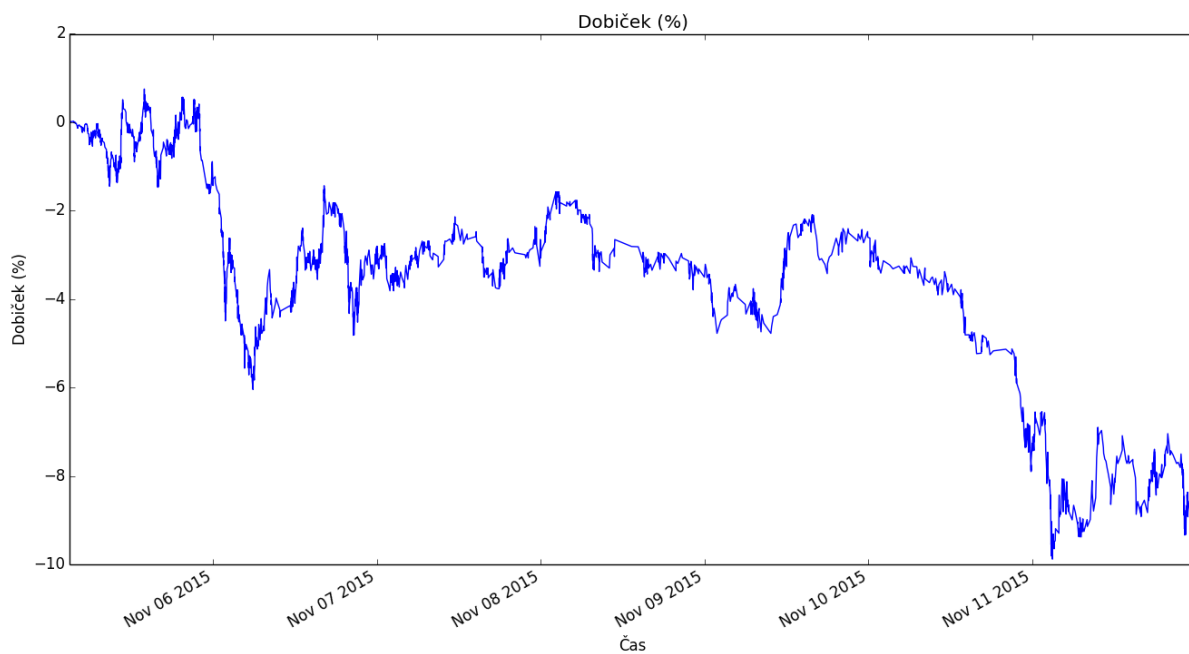


(b) Zaloge BTC

Slika 7.2: Spreminjanje zaloge enostavnega modela s povprečenjem

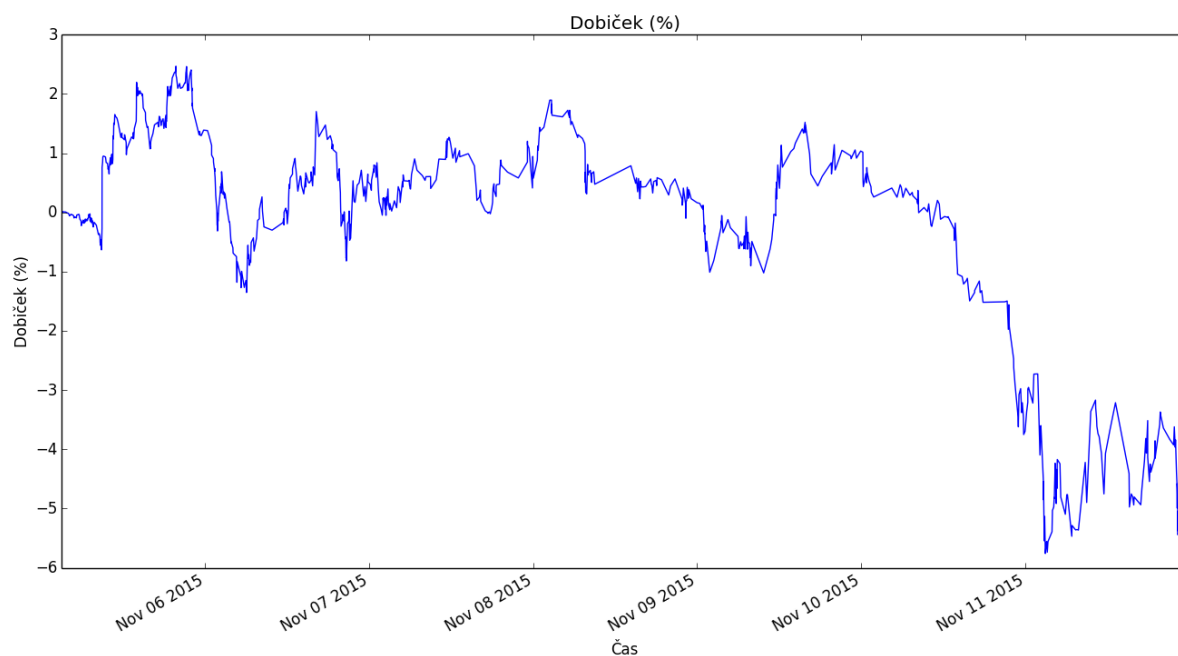
Kot vidimo na slikah (7.3, 7.4), prinese trgovanje z enostavnim modelom na koncu 8,74% izgubo. Rezultati dobička enostavnega modela s povprečenjem so boljši, trgovanje prinese 5,42% izgubo. Vendar se izkaže, da je enostavni model bolj učinkovit od enostavnega modela s povprečenjem. Enostavni model ima delež izvedenih transakcij večji in ima manjšo povprečno

razliko.



Slika 7.3: Dobiček trgovanja z enostavnim modelom





Slika 7.4: Dobiček trgovanja z enostavnim modelom s povprečenjem

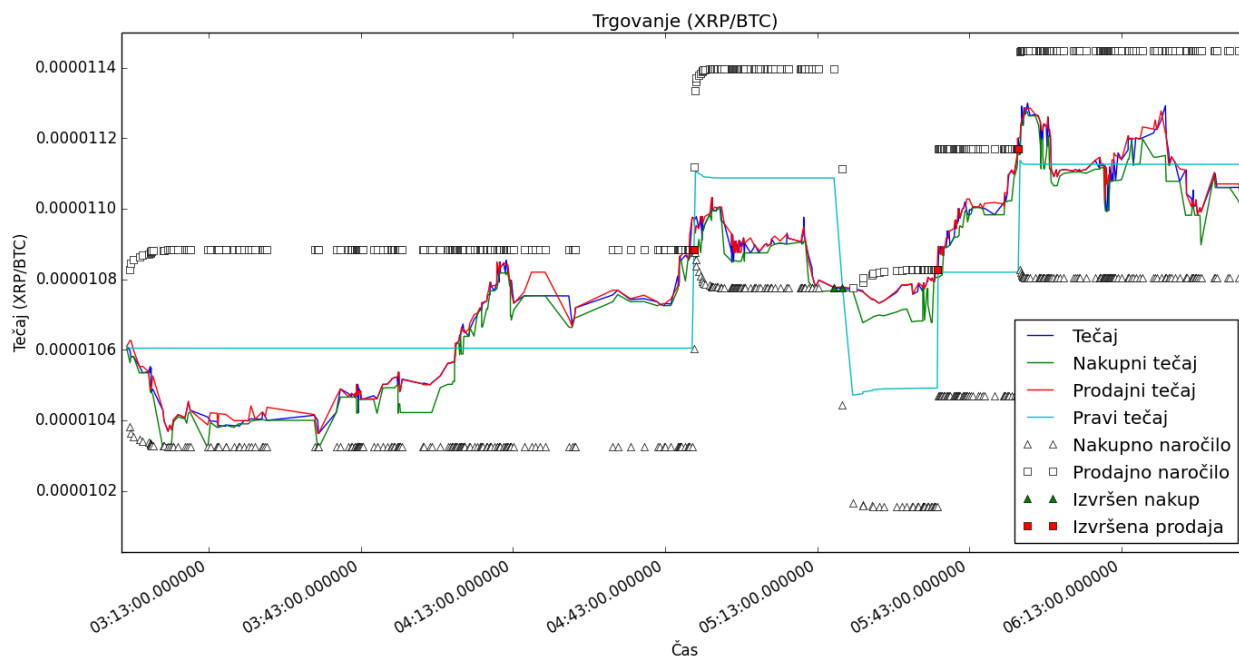
### 7.3 Rezultati prediktivnega Dasovega modela

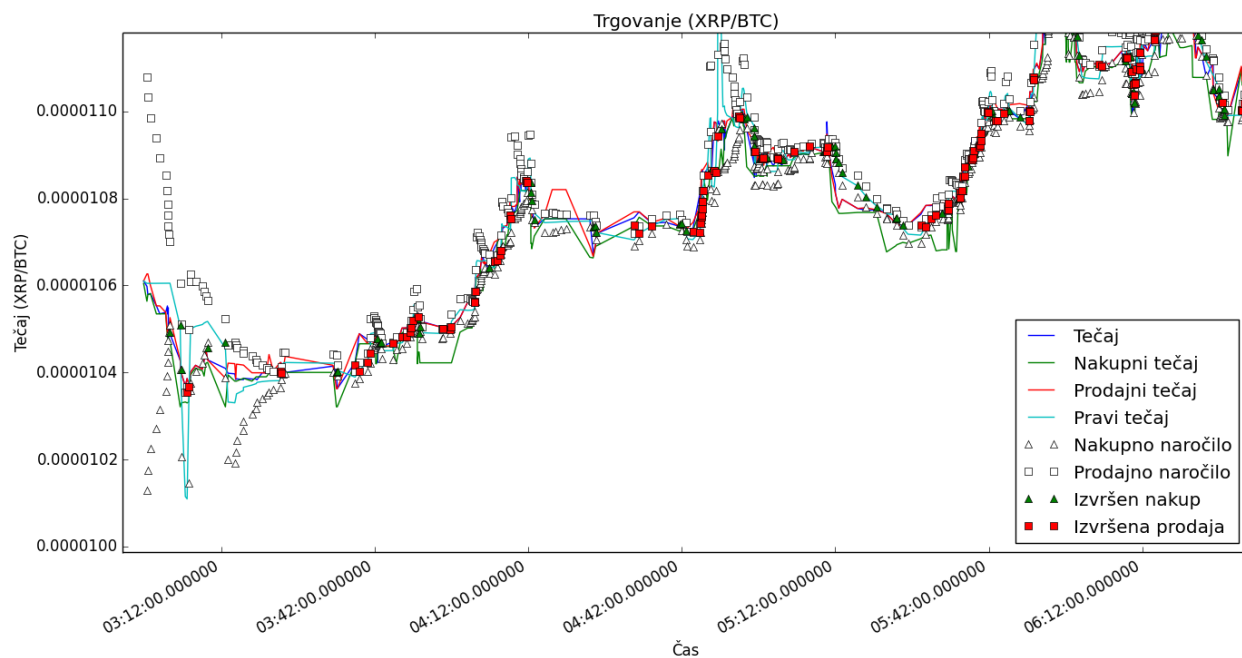
V tabeli 7.2 so podani rezultati trgovanja s prediktivnim Dasovim modelom. S spreminjanjem deleža informiranih trgovalcev ( $\alpha$ ) spreminjamo obnašanje algoritma.

Delež informiranih trgovalcev ( $\alpha$ )	25%	50%	75%
<b>Dobiček</b>	<b>-1,5%</b>	<b>-9%</b>	<b>-9.31%</b>
Št. izvedenih nakupov	48	2176	2819
Št. izvedenih prodaj	65	2279	2988
Število izvedenih transakcij	113	4455	5807
Število vseh transakcij	7515	7515	7515
Delež izvedenih nakupov	42,48%	48,84%	48,56%
Delež izvedenih prodaj	57,52%	51,16%	51,44%
<b>Delež izvedenih transakcij</b>	<b>1,5%</b>	<b>59,28%</b>	<b>77%</b>
Povprečna razlika simulacije	$81,35 * 10^{-8}$	$4,05 * 10^{-8}$	$2,46 * 10^{-8}$
Povprečna razlika brez simulacije	$3,79 * 10^{-8}$	$3,79 * 10^{-8}$	$3,79 * 10^{-8}$
<b>Odstopanje povprečne razlike</b>	<b>-2045%</b>	<b>-6,69%</b>	<b>35,13%</b>
<b>Uspešnost</b>	<b>-409,2</b>	<b>11,94</b>	<b>25,55</b>

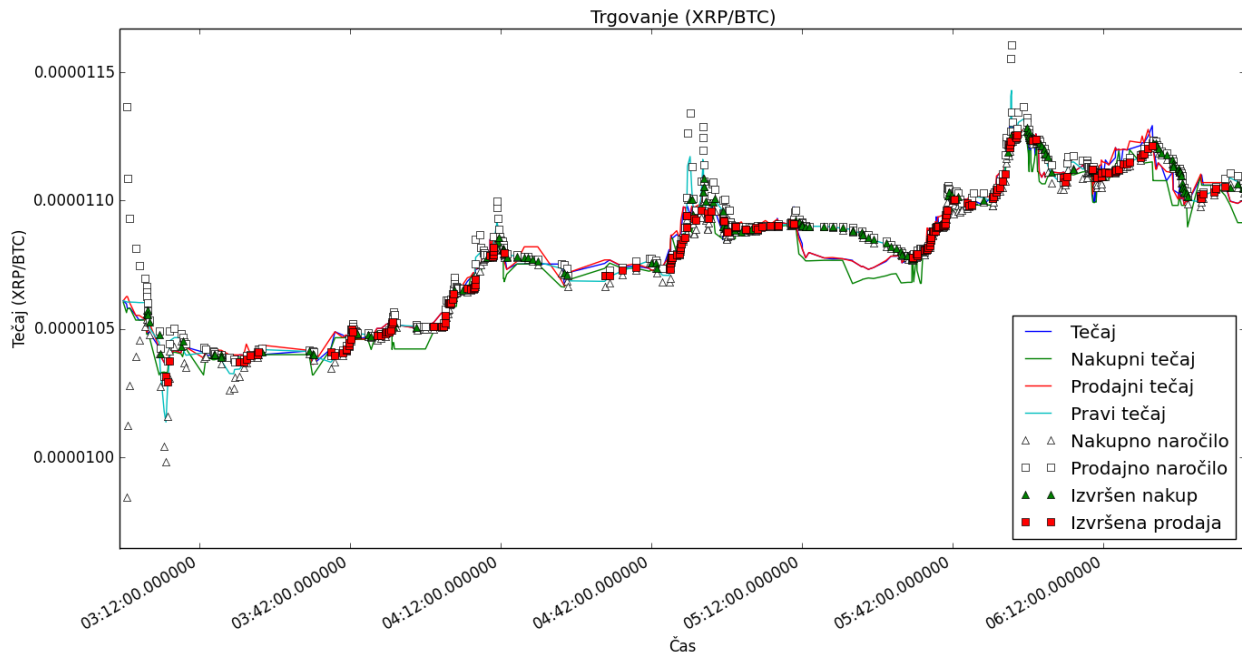
Tabela 7.2: Rezultati trgovanja s prediktivnim Dasovim modelom.

Obnašanje trgovanja Dasovega modela z različnim deležem informiranih trgovalcev vidimo na slikah (7.5, 7.6, 7.7). Večji kot je delež informiranih trgovalcev ( $\alpha$ ), hitreje se algoritem prilagaja trenutni pravi vrednosti. Algoritem izhaja iz predpostavke, da so njegova predvidevanja o pravi vrednosti vedno napačna. Koliko so napačna, je odvisno od deleža informiranih trgovalcev na trgu. Če se izvede nakupno naročilo, je prava vrednost tečaja postavljena prenizko oz. če se izvede prodajno naročilo, je prava vrednost tečaja postavljena previsoko. Algoritem nato popravi verjetnostno porazdelitev glede na tečaj izvedene transakcije oz. pravo vrednost.

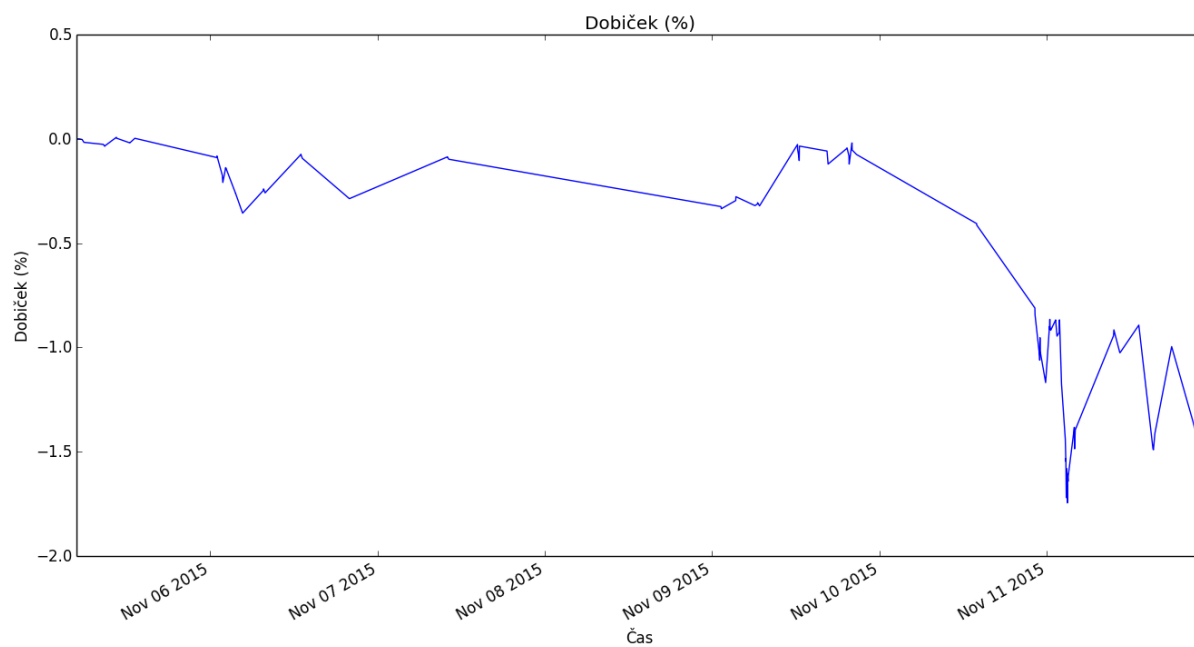
Slika 7.5: Izsek trgovanja z Dasovim modelom ( $\alpha = 0,25$ )



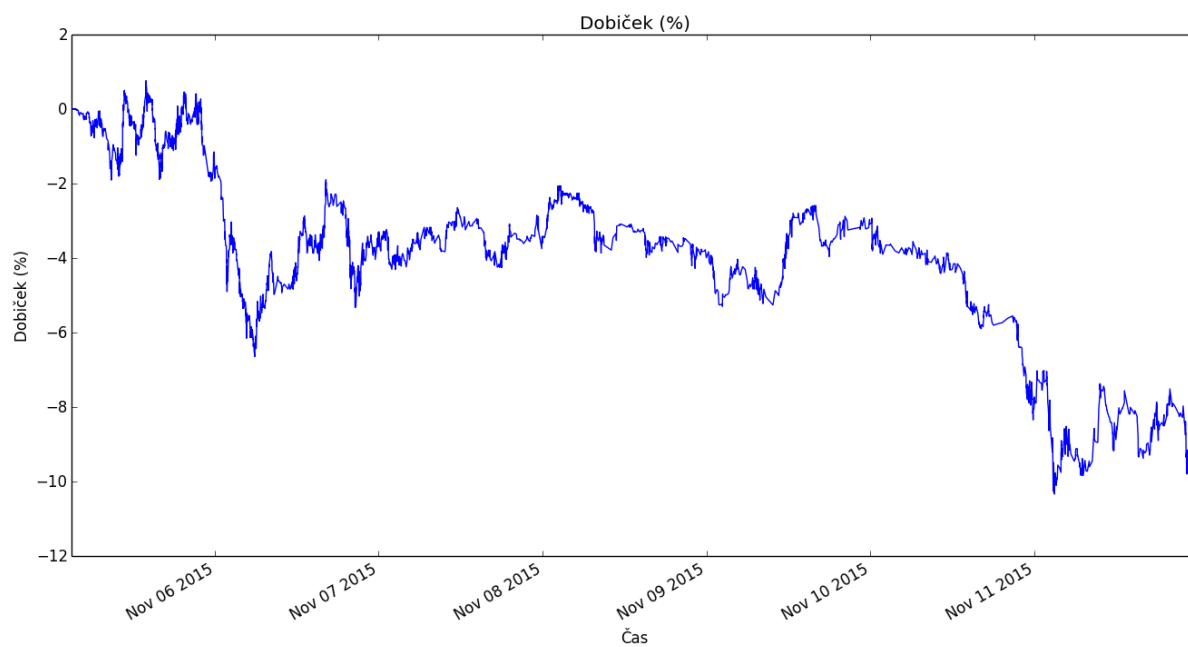
Slika 7.6: Izsek trgovanja z Dasovim modelom ( $\alpha = 0,5$ )

Slika 7.7: Izsek trgovanja z Dasovim modelom ( $\alpha = 0,75$ )

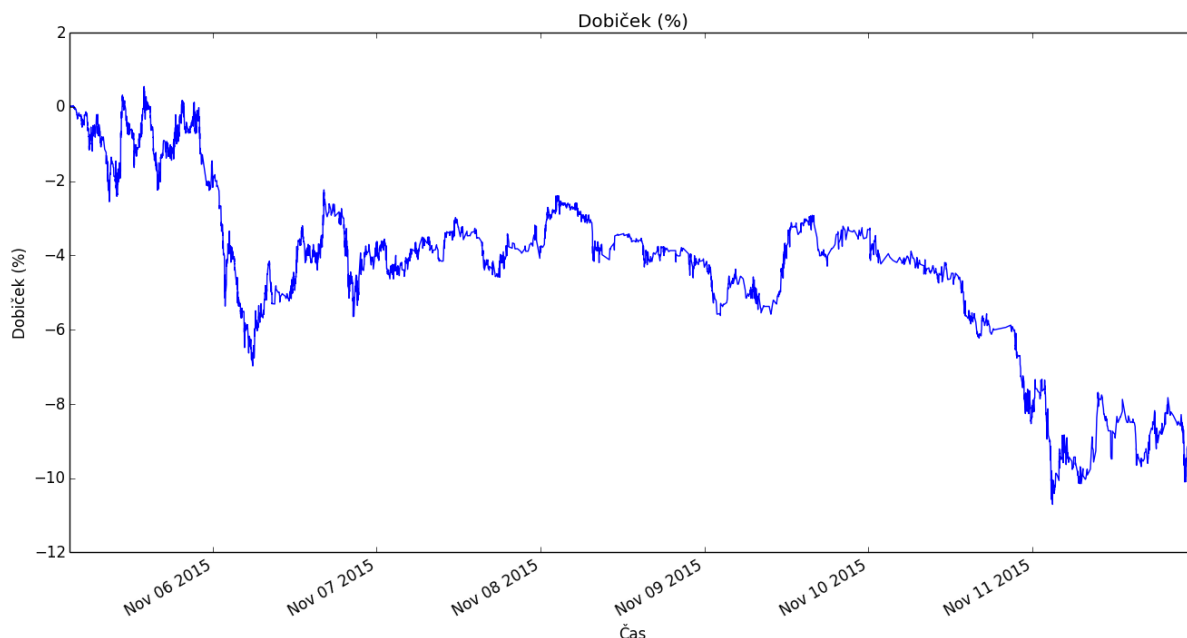
Slike (7.8, 7.9, 7.10) prikazujejo gibanje dobička pri trgovanju z Dasovim modelom za različne deleže informiranih trgovalcev ( $\alpha = 0,25$ ,  $\alpha = 0,50$ ,  $\alpha = 0,75$ ). Večji kot je delež informiranih trgovalcev, večja izguba je na koncu. Za delež informiranih trgovalcev 75% je na koncu izguba 9,31%, vendar je delež izvedenih transakcij zelo velik 77%, povprečna razlika med izvedenim nakupnim in prodajnim tečajem pa je zelo majhna ( $2,47 \cdot 10^{-8}$ ). Izkaže se, da je Dasov model z deležem informiranih trgovalcev 75% najbolj učinkovit, saj se najhitreje prilagaja pravi vrednosti na trgu in tako najboljše opravlja svojo nalogo vzdrževanja likvidnosti.



Slika 7.8: Dobiček trgovanja z Dasovim modelom ( $\alpha = 0,25$ )



Slika 7.9: Dobiček trgovanja z Dasovim modelom ( $\alpha = 0,5$ )



Slika 7.10: Dobiček trgovanja z Dasovim modelom ( $\alpha = 0,75$ )

## 7.4 Zaključek rezultatov

Enostavni model s povprečenjem in Dasov model z deležem informiranih trgovalcev 25% se izkažeta za neučinkovita. Najbolj učinkovit algoritem za vzdrževanje likvidnosti je Dasov model z deležem informiranih trgovalcev 75%. Če primerjamo rezultate trgovanja neprediktivnega enostavnega modela (tabela 7.1) in rezultate trgovanja prediktivnega Dasovega modela z deležem informiranih trgovalcev 50% ali 75% (tabela 7.2), vidimo, da je Dasov model bolj učinkovit. Dasov model izvrši skoraj dvakrat več transakcij od enostavnega modela in dosega nižjo razliko med nakupnimi in prodajnimi naročili. Dasov model je boljši, ker je prediktiven. Na razpolago ima več informacij o trenutni pravi vrednosti tečaja. Za vsako možno ceno drži verjetnost o njeni pravi vrednosti. Prednost enostavnega modela je njegova preprostost delovanja, ker je računsko nezahteven in je lahko pri določanju



nakupnih in prodajnih naročil hitrejši od Dasovega modela.



# Poglavje 8

## Zaključek

### 8.1 Sklepne ugotovitve

Vzdrževalci likvidnosti imajo na sodobnih trgih pomembno vlogo, saj omogočajo udeležencem na trgu vstop oz. izstop iz finančnih naložb po čimbolj poštenu tržni ceni. Skrbijo za likvidnost na trgu in omogočajo čim manjše razlike (*angl. spread*).

Vzdrževanje likvidnosti je bilo do sedaj na tradicionalnih trgih rezervirano samo za specializirana podjetja. Plačilni sistem Ripple je z odprtim dostopom do glavne knjige in Ripple omrežja omogočil vstop do distribuiranega trga komurkoli. Glavna funkcija Ripple omrežja je prenos vrednosti med dvema udeležencema preko državnih meja. Vzdrževalci likvidnosti z zniževanjem nakupne in prodajne razlike ter z zagotavljanjem likvidnosti trga predstavljajo pomemben del v Ripple ekosistemu.

Po kakšnem tečaju postaviti omejena prodajna in nakupna naročila, da bosta likvidnost in dobiček vzdrževalca likvidnosti čim večja, razlika med nakupnim in prodajnim naročilom pa čim manjša, je glavni problem, ki ga želimo rešiti. Z izbranimi neprediktivnimi (5.1, 5.2) in prediktivnimi modeli (5.3) smo raziskali postavljanje nakupnih in prodajnih naročil za vzdrževanje likvidnosti na Ripple trgu.

Ugotovili smo, da za izbrano časovno obdobje trgovaški modeli ne omogočajo

brezizgubnega delovanja. Če se tečaj vrača k povprečni ceni, lahko dosežemo dobiček, vendar imamo v našem primeru naraščajoče gibanje tečaja, ki na koncu povzroči izgubo. Izguba pri trgovanju nastane zaradi neugodne izbire (4.3.3) in stroškov vsake transakcije. Lahko predpostavimo, da so za neugodno izbiro krivi informirani trgovci (4.2), ki izkoriščajo predhodno informacijo o pravi vrednosti tečaja sebi v prid.

Ugotovili smo, da je prediktivni Dasov model trgovanja bolj učinkovit za vzdrževanje likvidnosti kot neprediktivni model. Dasov model omogoča doseganje manjših razlik med nakupnim in prodajnim naročilom in dosega večje število transakcij.

## 8.2 Izboljšave in smernice za nadaljnji razvoj

V predstavljenem Dasovem modelu sta delež informiranih trgovcev ( $\alpha$ ) in verjetnost, da je neinformiran trgovec izvršil nakup ali prodajo ( $\eta$ ), določena s konstanto. Na realnem trgu se ti dve vrednosti spreminjata, zato bi morali najti dinamičen način za določanje teh dveh vrednosti.

Zaradi naraščajočega ali padajočega gibanja tečaja bi bilo potrebno dinamično predstavljati celotno okno verjetnostne porazdelitve prave vrednosti za vsak tečaj od minimalnega  $V_{min}$  do maksimalnega  $V_{max}$  tečaja in njegove verjetnosti (5.2).

Smiselno bi bilo proučiti druge načine za upravljanje z valutno zalogo, npr. prestavljanje nakupnega in prodajnega naročila gor (višji tečaj) oz. dol (nižji tečaj) za doseganje izravnave valutnih zalog.

V podjetju Ripple Labs pripravljajo predlog, ki bo vzdrževalce likvidnosti za svoje storitve dodatno vzpodbudil z avtomatskim nagrajevanjem v valuti XRP. Podrobnosti nagrajevanja v tem trenutku še niso znane. Nagrajevanje lahko predstavlja vzpodbudo za implementacijo vzdrževalca likvidnosti na trgu Ripple, če bi pridobljena nagrada pokrila izgubo, ki nastane pri trgovanju vzdrževalca likvidnosti.

# Literatura

- [1] Market Maker. [Online]. Dosegljivo:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Market\\_maker](http://en.wikipedia.org/wiki/Market_maker).  
[Dostopano 26.6.2016].
- [2] Vzdrževalci likvidnosti. [Online]. Dosegljivo:  
<http://www.ljse.si/cgi-bin/jve.cgi?doc=3798>.  
[Dostopano 26.6.2016].
- [3] Market Order. [Online]. Dosegljivo:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Order\\_\(exchange\)#Market\\_order](http://en.wikipedia.org/wiki/Order_(exchange)#Market_order).  
[Dostopano 26.6.2016].
- [4] Bid-ask spread. [Online]. Dosegljivo:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Bid%E2%80%93ask\\_spread](http://en.wikipedia.org/wiki/Bid%E2%80%93ask_spread).  
[Dostopano 26.6.2016].
- [5] Order book. [Online]. Dosegljivo:  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Order\\_book\\_%28trading%29](http://en.wikipedia.org/wiki/Order_book_%28trading%29).  
[Dostopano 26.6.2016].
- [6] Exchange rate. [Online]. Dosegljivo:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Exchange\\_rate](https://en.wikipedia.org/wiki/Exchange_rate).  
[Dostopano 26.6.2016].
- [7] The Ripple Protocol: A Deep Dive for Finance Professionals. [Online].  
Dosegljivo:

- [https://ripple.com/files/ripple\\_deep\\_dive\\_for\\_financial\\_professionals.pdf](https://ripple.com/files/ripple_deep_dive_for_financial_professionals.pdf). [Dostopano 26.6.2016].
- [8] Node.js [Online]. Dosegljivo:  
<https://nodejs.org>. [Dostopano 26.6.2016].
- [9] MongoDB [Online]. Dosegljivo:  
<https://www.mongodb.org>. [Dostopano 26.6.2016].
- [10] Ripple-lib [Online]. Dosegljivo:  
<https://github.com/ripple/ripple-lib>. [Dostopano 26.6.2016].
- [11] I. Aldridge. *High-Frequency Trading: A Practical Guide to Algorithmic Strategies and Trading Systems*. Wiley, 2010.
- [12] S. Das. *Intelligent market-making in artificial financial markets*. Master's thesis, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, 2003.
- [13] S. Das. "A learning market maker in the glosen-milgrom model", *Quantitative Finance*, št. 5, zv. 2, str. 169–180, 2005.